

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 182 196 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.02.2002 Patentblatt 2002/09

(51) Int Cl.7: **C07D 233/54, C07D 213/20**

(21) Anmeldenummer: **00118441.5**

(22) Anmeldetag: **24.08.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Solvent Innovation GmbH**
50679 Köln (DE)

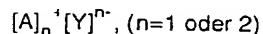
(72) Erfinder:

- **Wasserscheid, Peter**
50829 Köln (DE)
- **Hilgers, Claus**
50679 Köln (DE)

(74) Vertreter: **Weber, Thomas, Dr. Dipl.-Chem. et al**
Patentanwälte von Kreisler-Selting-Werner,
Bahnhofsvorplatz 1 (Deichmannhaus)
50667 Köln (DE)

(54) **Halogenidfreie Herstellung ionischer Flüssigkeiten**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung ionischer Flüssigkeiten der allgemeinen Formel

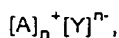


durch Alkylierung der zugrundeliegenden Amine, Phosphine, Imidazole, Pyrazole, Triazole oder Pyridine mit einem Disulfat der allgemeinen Formel $R^4-SO_4-R^5$ und nachfolgendem und Austausch des Sulfatanions $R^4-SO_4^-$ oder $R^5-SO_4^-$ durch das Anion $[Y]^-$ oder $[Y]^{2-}$.

EP 1 182 196 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung ionischer Flüssigkeiten der allgemeinen Formel



(n=1 oder 2)

durch Alkylierung der zugrundeliegenden Amine, Phosphine, Imidazole, Pyrazole, Triazole oder Pyridine mit einem Disulfat der allgemeinen Formel $R^4-SO_4-R^5$ und nachfolgendem und Austausch des Sulfatanions.

[0002] Unter ionischen Flüssigkeiten versteht man Salze oder Gemische aus Salzen, deren Schmelzpunkte unterhalb 80°C liegen. Diese Salze bestehen aus Anionen wie z.B. Halogenostannaten, Halogeno-aluminaten, Hexafluorophosphaten oder Tetrafluoroboraten kombiniert mit substituierten Ammonium-, Phosphonium, Pyridinium-, Triazolium-, Pyrazolium- oder Imidazolium-Kationen. Mehrere Veröffentlichungen beschreiben bereits die Verwendung ionischer Flüssigkeiten als Lösungsmittel für Übergangsmetall-katalysierte Reaktionen (Übersichtsartikel: T. Welton, *Chem. Rev.* 1999, 99, 2071). Beispielsweise wurden Hydrierungen von Olefinen mit Rhodium(I) (P. A. Z. Suarez, J. E. L. Dullius, S. Einloft, R. F. de Souza und J. Dupont, *Polyhedron* 15/7, 1996, 1217-1219), Ruthenium(II) und Cobalt(II) komplexen (P. A. Z. Suarez, J. E. L. Dullius, S. Einloft, R. F. de Souza und J. Dupont, *Inorganica Chimica Acta* 255, 1997, 207-209) in ionischen Flüssigkeiten mit Tetrafluoroborat-Anion erfolgreich bearbeitet. Auch die Hydroformylierung von funktionalisierten und unfunktionalisierten Olefinen gelingt mit Rhodium-Katalysatoren in ionischen Flüssigkeiten mit schwach koordinierenden Anionen (z.B. PF_6^- , BF_4^-), EP-A-0776880, Y. Chauvin, L. Mussmann, H. Olivier, (*Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 1995, 34, 2698; W. Keim, D. Vogt, H. Waffenschmidt, P. Wasserscheid, *J. of Cat.*, 1999, 186, 481).

[0003] Ein weiteres wichtiges Einsatzfeld ionischer Flüssigkeiten liegt in ihrer Verwendung als Extraktionsmittel zur Stofftrennung (J.G. Huddleston, H.D. Willauer, R.P. Swatloski, A.E. Visser, R.D. Rogers, *Chem. Commun.* 1998, 1765-1766; b) A.E. Visser, R.P. Swatloski, R.D. Rogers, *Green Chemistry* 2000, 2(1), 1-4). Für diesen Anwendungsbereich sind solche ionischen Flüssigkeiten von besonderem Interesse, die mit Wasser nur begrenzt mischbar sind.

[0004] Allgemein gilt, dass ionische Flüssigkeiten - vor allem für die Verwendung als Lösungsmittel in der Übergangsmetallkatalyse - spezielle Reinheitsanforderungen erfüllen müssen. Viele Übergangsmetallkatalysatoren sind z. B. empfindlich gegenüber Feuchtigkeitsspuren und Spuren von Halogenidionen. Da sie in nur sehr geringen Mengen der Reaktionslösung zugesetzt werden, muss das Lösungsmittel frei von sämtlichen Spuren dieser Katalysatorgifte sein. Da ionische Flüssigkeiten auf Grund ihrer nicht-flüchtigen Natur nicht wie organische Lösungsmittel vor Gebrauch destillativ gereinigt werden können, muss bereits bei ihrer Synthese eine möglichst hohe Reinheit angestrebt werden.

[0005] Die Synthese von Chlorid-, Bromid- und Iodid-freien ionischen Flüssigkeiten mit Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ionen, ist aus oben genannten Gründen von besonderer technischer Bedeutung, da diese ionischen Flüssigkeiten in der Regel sehr geeignete Lösungsmittel für katalytische Reaktionen mit Übergangsmetallkomplexen darstellen und außerdem eine geringe Löslichkeit in Wasser aufweisen. Vor dem Hintergrund der speziellen technischen Bedeutung dieser ionischen Flüssigkeiten müssen geeignete Verfahren zu ihrer Synthese problemlos in einen größeren Produktionsmaßstab (> 5 Liter) übertragen werden können.

[0006] Zur Synthese von ionischen Flüssigkeiten mit Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ionen wird bei den bisher beschriebenen Verfahren zunächst durch Reaktion eines Amins $NR_1R_2R_3$, eines Phosphans $PR^1R^2R^3$, eines Imidazolderivates der allgemeinen Formel $R^1R^2N=CR^3-R^5-R^3C=N^+R^1R^2$ oder eines Pyridiniumderivates der allgemeinen Formel $R^1R^2N=CR^3R^4+$ mit einem Alkylchlorid, Alkylbromid oder Alkyljodid das entsprechende Halogenidsalz $[Kation]^+X^-$ gebildet und isoliert (F. H. Hurley, T.P. Wier, Jr., *J. Electrochem. Soc.* 1951, 98, 207-212; J.S. Wilkes, J.A. Levisky, R.A. Wilson, C.L. Hussey, *Inorg. Chem.* 1982, 21, 1263-1264; A.A.K. Abdul-Sada, P.W. Ambler, P.K.G. Hodgson, K.R. Seddon, N.J. Steward, *WO 95/21671*, 1995; b) R.H. Dubois, M.J. Zaworotko, P.S. White, *Inorg. Chem.* 1989, 28, 2019-2020; J.F. Knifton, *J. Mol. Catal.* 1987, 43, 65-78; C.P.M. Lacroix, F.H.M. Dekker, A.G. Talma, J.W.F. Seetz, *EP 989134*, 1998).

[0007] Ausgehend vom gebildeten und isolierten Halogenidsalz $[A]^+X^-$ sind zwei unterschiedliche Wege zur Synthese von ionischen Flüssigkeiten mit Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)-amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ionen bekannt. Zum einen wird das Halogenidsalz durch Zugabe eines Metallsalzes MY (unter Ausfällung oder Abscheidung des Salzes MX oder des Produktes $[A]^+[Y]^-$ aus dem jeweils verwendeten Lösungsmittel) umgesetzt - wobei $[Y]^-$ ein Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ion darstellt und M^+ für ein Alkaliion steht (J.S. Wilkes, M. J. Zaworotko, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1992, 965-967; Y. Chauvin, L. Mußmann, H. Olivier, *Angew. Chem.* 1995, 107, 2941-2943; P.A.Z. Suarez, J.E.L. Dullius, S. Einloft, R.F. de Souza, J. Dupont, *Polyhedron*, 1996, 15, 1217-1219; P. Bonhôte, A.-P. Dias, N. Papageorgiou, K. Kalyanasundaram, M. Grätzel, *Inorg. Chem.* 1996, 35,

1168-1178; C.M. Gordon, J.D. Holbrey, A.R. Kennedy, K.R. Seddon, *J. Mater. Chem.* 1998, 8, 2627-2638; P.A.Z. Suarez, S. Einloft, J.E.L. Dullius, R.F. de Souza, J. Dupont, *J. Chim. Phys.* 1998, 95, 1626-1639; A.J. Carmichael, C. Hardacre, J.D. Holbrey, M. Nieuwenhuyzen, K.R. Seddon, *Anal. Chem.* 1999, 71, 4572-4574; J.D. Holbrey, K.R. Seddon, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 1999, 2133-2140). Zum anderen wird durch Zugabe einer starken Säure H^+ $[Y]^-$ das Halogenidion unter Freisetzung von H^+ X^- verdrängt und gegen $[Y]^-$ ausgetauscht - wobei $[Y]^-$ hier für ein Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkyl-carboxylat-Ion steht (J. Fuller, R.T. Carlin, H.C. de Long, D. Haworth, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1994, 299-300).

[0008] Vor dem Hintergrund einer angestrebten Synthese von Chlorid-, Bromid- und Iodid-freien ionischen Flüssigkeiten mit Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)-amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ionen,

[0009] Vor allem in Hinblick auf die Durchführung im größeren Maßstab (> 5 Liter) besitzen die oben erwähnten Verfahren des Standes der Technik zahlreiche gravierende Nachteile.

[0010] Die zunächst durchgeführte Quarternisierung eines Amins, Imidazolderivats, Pyridins oder Phosphans mit einem Alkylchlorid zur Bildung des entsprechenden Chloridsalzes $[A]^+Cl^-$ ist eine sehr langsame Reaktion, die erhöhte Reaktionstemperaturen erfordert. In der Regel muss bei mindestens 50°C gearbeitet werden, um ausreichende Reaktionsgeschwindigkeiten zu erzielen. Je nach verwendetem Alkylchlorid erfordert dies eine Arbeitsweise im Druckreaktor. Dennoch liegen die Reaktionszeiten für beispielsweise die Umsetzung von 4-Picolin mit Butylchlorid bei 130h (70°C), um zu einem Umsatz von 50% zu gelangen (P. Wasserscheid, *Dissertation*, 1998, RWTH Aachen). Für die technische Produktion der Chloridsalze stellen sowohl die sehr langen Reaktionszeiten, als auch die eventuell notwendige Druckreaktion erhebliche Kostenfaktoren dar.

[0011] Bei der Verwendung von Alkylbromiden und Alkyljodiden als Alkylierungsmittel zur Darstellung der entsprechenden Bromid- und Iodidsalze $[A]^+Br^-$ bzw. $[A]^+I^-$ sind Reaktionszeiten und -temperaturen zwar deutlich geringer, allerdings sind die Alkylbromide bzw. Alkyljodide, die hierbei verwendet werden müssen, in den meisten Fällen deutlich teurer als die entsprechenden Alkylchloride.

[0012] Zudem ist die Löslichkeit von Erd-/Alkaliiodiden und bromiden besser in dem Reaktionslösungsmittel, was eine vollständige Abtrennung signifikant erschwert.

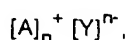
[0013] In vielen Fällen bereitet die Isolierung der gebildeten Halogenidsalze $[A]^+X^-$ erhebliche Probleme. Nicht umgesetzte, schwerflüchtige Alkylhalogenide sind nur mit erheblichem Aufwand (Zeit, Energie) destillativ vollständig abzutrennen. Außerdem sind die Halogenidsalze selbst in fast allen Fällen Feststoffe, die durch Filtration isoliert werden müssen. Gerade bei Synthesen im größeren Maßstab (< 5 kg) sind damit erhebliche Probleme verbunden (z.B. Verstopfung der Filter).

[0014] Bei der weiteren Umsetzung des isolierten Halogenidsalzes $[A]^+X^-$ zu ionischen Flüssigkeiten mit Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ionen ergeben sich beim Arbeiten nach den bekannten Verfahren weitere Probleme, die insbesondere eine Produktion der Chlorid-, Bromid- und Iodidfreien ionischen Flüssigkeiten in größerem Maßstab (>5 Liter) sehr kostenintensiv machen.

[0015] Wird das Halogenidsalz durch Zugabe eines Metallsalzes $M^+[Y]^-$ oder einer starken Säure H^+ $[Y]^-$ gegen das Anion $[Y]^-$ ausgetauscht, so ist die Löslichkeit des verwendeten Halogenid-Ions in der ionischen Flüssigkeit bzw. in der, die ionischen Flüssigkeit enthaltenden Phase, entscheidendes Kriterium für die Reinheit der erhaltenen ionischen Flüssigkeit. Erhebliche Probleme bereitet die Tatsache, dass die in der Regel schlecht wasserlöslichen ionischen Flüssigkeiten mit Hexafluorophosphat-, Tetrafluoroborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)-amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ionen häufig eine erhebliche Löslichkeit für Halogenidionen aufweisen. Dadurch ergibt sich eine Halogenidionen-Verunreinigung des Produkts, die entweder eine sehr aufwendige Nachreinigung (etwa mit Silbersalzen) oder eine sehr eingeschränkte Verwendbarkeit und damit einen entsprechend niedrigen Wert des Produkts zur Folge hat.

[0016] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es dementsprechend ein Verfahren zur Herstellung ionischer Flüssigkeiten zu Verfügung zu stellen, welches die oben genannten Nachteile nicht aufweist und zu Produkten führt, welche in hoher Reinheit und Ausbeute als unmittelbares Verfahrensprodukt zur Verfügung stehen, und zudem ein leichtes Scale-Up ermöglicht.

[0017] 1. Die Aufgabe wurde erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung ionischer Flüssigkeiten der allgemeinen Formel

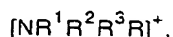


wobei $n = 1$ oder 2 ist und

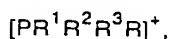
das Anion $[Y]^{n-}$ ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Tetrafluoroborat ($[BF_4]^-$), Tetrachloroborat ($[BCl_4]^-$), Hexafluorophosphat ($[PF_6]^-$), Hexafluoroantimonat ($[SbF_6]^-$), Hexafluoroarsenat ($[AsF_6]^-$), Tetrachloroaluminat ($[AlCl_4]^-$),

Trichlorozinkat $[(ZnCl_3)^-]$, Dichlorocuprate (I) und (II), Sulfat $[(SO_4)^{2-}]$, Carbonat $[(CO_3)^{2-}]$, Fluorosulfonat, $[R'-COO]^+$, $[R'-SO_3]^+$ oder $[(R'-SO_2)_2N]^+$, und R' ein linearer oder verzweigter 1 bis 12 Kohlenstoffatome enthaltender aliphatischer oder alicyclischer Alkyl- oder ein C₅-C₁₈-Aryl-, C₅-C₁₈-Aryl-C₁-C₆-alkyl- oder C₁-C₆-Alkyl-C₅-C₁₈-aryl-Rest ist, der durch Halogenatome substituiert sein kann,

- quaternären Ammonium-Kationen der allgemeinen Formel



- Phosphonium-Kationen der allgemeinen Formel

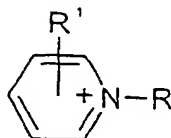


- Imidazolium-Kationen der allgemeinen Formel



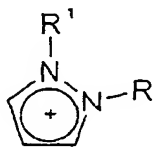
wobei der Imidazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- Pyridinium-Kationen der allgemeinen Formel



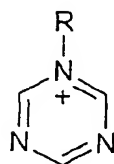
wobei der Pyridin-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- Pyrazolium-Kationen der allgemeinen Formel



wobei der Pyrazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- und Triazolium-Kationen der allgemeinen Formel



wobei der Triazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen, und die Reste R¹, R², R³ unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus

- Wasserstoff;
- linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen oder alicyclischen Alkylgruppen mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen;
- Heteroaryl-, Heteroaryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen im Heteroaryl-Rest und wenigstens einem Heteroatom ausgewählt aus N, O und S, der mit wenigstens einer Gruppe ausgewählt aus C₁-C₆-Alkylgruppen und/oder Halogenatomen substituiert sein können;
- Aryl-, Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 5 bis 12 Kohlenstoffatomen im Arylrest, die gegebenenfalls mit wenigstens einer C₁-C₆-Alkylgruppen und/oder einem Halogenatomen substituiert sein können;
- linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen oder alicyclischen Alkylgruppen mit 1 bis 24 Kohlenstoffatomen;
- Heteroaryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen im Arylrest und wenigstens einem Heteroatom ausgewählt aus N, O und S, die mit wenigstens einer C₁-C₆-Alkylgruppen und/oder Halogenatomen substituiert sein können;
- Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen mit 5 bis 24 Kohlenstoffatomen im Arylrest, die gegebenenfalls mit wenigstens einer C₁-C₆-Alkylgruppe und/oder einem Halogenatomen substituiert sein können,

alkyliert werden und anschließend ein Austausch des Sulfatanions R⁴-SO₄⁻ oder R⁵-SO₄⁻ durch das oben definierte Anion [Y]⁻ oder [Y]²⁻ erfolgt.

[0018] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Patentansprüchen.

[0019] Durch die Alkylierung mit Hilfe von Diorganosulfaten der allgemeinen Formel R⁴-SO₄-R⁵ anstelle der bisher ausschließlich als Alkylierungsmittel zur Synthese ionischen Flüssigkeiten verwendeten Alkylchloride, Alkylbromide oder Alkylhalogenide können die oben beschriebenen Nachteile der Verfahren des Standes der Technik umgangen werden.

[0020] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die zugrundeliegenden Amine, Phosphine, Imidazole, Pyrazole, Triazole oder Pyridine in Substanz oder in einem inerten Lösungsmittel gelöst mit dem Diorganosulfat versetzt. Vorzugsweise werden Disulfate der allgemeinen Formel R⁴-SO₄-R⁵ eingesetzt, in welchen die Gruppe R⁴ der Gruppe R⁵ entspricht, also symmetrische Organodisulfate der allgemeinen Formel R⁴-SO₄-R⁴, in welcher R⁴ die obengenannte Bedeutung hat. Bevorzugt sind Di-C₁-C₆-Alkylsulfate, insbesondere Dimethyl-, Diethyl-, Di-n-propyl-, Diisopropyl-, Di-n-butyl-, Diisobutyl-, Di-tert.-butyl-, Di-n-pentyl-, Diisopentyl-, Di-neo-pentyl-, Di-n-hexylsulfat sowie Dicyclohexylsulfat.

[0021] In Zusammenhang mit der Erfindung werden die Begriffe Diorganosulfat und Disulfat austauschbar verwendet. Der Begriff Alkylierung bezieht sich auf die Einführung der obengenannten Gruppen R⁴ oder R⁵.

[0022] Das molare Verhältnis des Diorganosulfats zu den zugrundeliegenden Aminen, Phosphinen, Imidazolen-, Triazolen-, Pyrazolen-, oder Pyridinen liegt zwischen 1 und 5, bevorzugt zwischen 1 und 1,5, besonders bevorzugt zwischen 1 und 1,1.

[0023] Im Vergleich zur Alkylierung mit Alkylhalogeniden weisen die Diorganosulfate eine deutlich höhere Reaktivität

auf. Die Reaktionszeit einer typischen Umsetzung beträgt zwischen 1 min und 8 h, bevorzugt 5 min bis 60 min, besonders bevorzugt 15 bis 30 min..

[0024] Die Alkylierungsreaktion mit dem Disulfat kann bei Temperaturen zwischen -20 und 250°C, bevorzugt 0 °C bis 180 °C, besonders bevorzugt jedoch bei RT (20°C) durchgeführt werden, was im Vergleich zum Stand der Technik zu einer deutlichen Verminderung des apparativen und Verfahrensaufwandes führt.

[0025] Die durch die erfindungsgemäß durchgeführte Alkylierungsreaktion erhaltenen Verbindungen der allgemeinen Formel $[A]^+[R^5-SO_4]^-$ oder $[A]^+[R^4-SO_4]^-$ können in einer Ausführungsform durch die gängigen, dem Fachmann bekannten Verfahren isoliert werden, bevor sie in die Anionenaustauschreaktion eingesetzt werden. Dies empfiehlt sich bevorzugt dann, wenn die Alkylierungsreaktion unter Zugabe inerte Lösungsmittel erfolgte.

[0026] Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht die sofortige Umsetzung der Organosulfatsalze $[A]^+[R^5-SO_4]^-$ oder $[A]^+[R^4-SO_4]^-$ ohne vorherige Isolierung mit der wässrigen Lösung des Metallsalzes $M^m+[Y]^-_m$, $M_2+[Y]^{2-}$ oder $M^{2+}+[Y]^{2-}$ vor.

[0027] Unabhängig von der oben beschriebenen Ausführungsweise kann der Anionenaustausch bei einer Temperatur zwischen -10 und 100°C, bevorzugt zwischen 0 und 80°C, besonders bevorzugt jedoch bei RT durchgeführt werden, wodurch auch dieser Reaktionsschritt ein deutlich verringerten apparativen Aufwand erfordert.

[0028] In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung können die Alkyl-, Aryl-, Arylalkyl- und Alkylaryl-Sulfonatgruppen (Anion $[Y]$) durch Halogenatome, insbesondere Fluor, Chlor oder Brom substituiert sein. Besonders bevorzugt sind die fluorierten, insbesondere die perfluorierten Alkyl- und obengenannten Arylsulfonate, wie das Trifluormethansulfonat (Triflat). Als nicht halogenierte Vertreter sind die Methansulfonat-, Benzolsulfonat- und die Toluolsulfonat-Gruppe zu nennen, sowie alle weiteren im Stand der Technik bekannten Sulfonat-Austrittsgruppen.

[0029] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können die Alkyl-, Aryl-, Arylalkyl- und Alkylaryl-Carboxylatgruppen durch Halogenatome, insbesondere Fluor, Chlor oder Brom substituiert sein. Besonders bevorzugt sind die fluorierten, insbesondere die perfluorierten Alkyl- und obengenannten Arylcarboxylate, wie das Trifluormethancarboxylat (Trifluoracetat; CF_3COO^-). Als nicht halogenierte Vertreter sind die Acetat- und Benzoat-Gruppe zu nennen, sowie alle weiteren im Stand der Technik bekannten Carboxylat-Austrittsgruppen.

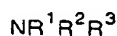
[0030] In bevorzugten Ausgestaltungen der Erfindung können die im Zusammenhang mit den Substituenten erwähnten C_1 - C_6 -Alkyl-Gruppen jeweils unabhängig voneinander durch C_2 - C_4 -Alkyl-Gruppen ersetzt werden. Ebenso können die im Zusammenhang mit den Substituenten erwähnten C_1 - C_6 -Alkoxy-Gruppen jeweils unabhängig voneinander durch C_2 - C_4 -Alkoxy-Gruppen ersetzt werden. In einer weiteren Alternative der Erfindung können die im Zusammenhang mit den Substituenten erwähnten C_5 - C_{12} -Aryl-Gruppen jeweils unabhängig voneinander durch C_6 - C_{10} -Aryl-Gruppen, die C_3 - C_8 -Heteroaryl-Gruppen jeweils unabhängig voneinander durch C_3 - C_6 -Heteroaryl-Gruppen ersetzt werden. Die Halogenatome, mit welchen die Alkyl-, Alkoxy- und Aryl-Gruppen substituiert sein können sind ausgewählt aus Fluor, Chlor, Brom und Iod, vorzugsweise Fluor, Chlor und Brom.

[0031] Ein einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Rest R' ein linearer oder verzweigter 1 bis 8 Kohlenstoffatome enthaltender aliphatischer oder alicyclischer Alkyl- oder ein C_6 - C_{10} -Aryl-, C_6 - C_{10} -Aryl- C_1 - C_4 -alkyl- oder C_1 - C_4 -Alkyl- C_6 - C_{10} -Arylrest, der durch Halogenatome substituiert sein kann.

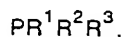
[0032] Die Kationen sind vorzugsweise ausgewählt aus Trimethylphenylammonium, Methyltrioctylammonium, Tetraäthylphosphonium, 3-Butyl-1-methylimidazolium, 3-Ethyl-1-methylimidazolium, N-Butylpyridinium, N-Ethylpyridinium, Diethylpyrazolium, 1-Ethyl-3-methylimidazolium, 1-Butyl-3-methylimidazolium, 1-Hexyl-3-methylimidazolium, 1-Octyl-3-methylimidazolium, 1-Decyl-3-methylimidazolium, 1-Butyl-4-methylpyridinium, 1-Butyl-3-methylpyridinium, 1-Butyl-2-methylpyridinium, 1-Butyl-pyridinium.

[0033] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt man das Disulfat der Formel $R^4-SO_4-R^5$, insbesondere das symmetrische Disulfat bevorzugt reagieren mit

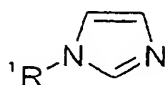
- Aminen der allgemeinen Formel



- Phosphanen der allgemeinen Formel

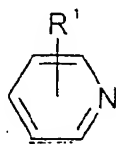


- Imidazolen der allgemeinen Formel



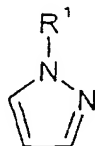
wobei der Imidazol-Kern substituiert sein kann mit Substituenten, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- Pyridinen der allgemeinen Formel



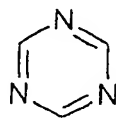
wobei der Pyridin-Kern substituiert sein kann mit Substituenten, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- Pyrazolen der allgemeinen Formel



wobei der Pyrazol-Kern substituiert sein kann mit Substituenten, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- oder Triazolen der allgemeinen Formel



wobei der Triazol-Kern substituiert sein kann mit Substituenten, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen.

[0034] Anschließend erfolgt der Austausch des Sulfatanions R⁴-SO₄⁻ oder R⁵-SO₄⁻ durch Zugabe eines Metallsalzes der allgemeinen Formel M^{m+}[Y]ⁿ⁻, M₂⁺[Y]²⁻ oder M²⁺[Y]²⁻ unter Bildung der gewünschten binären ionischen Flüssigkeit [A]_n⁺ [Y]_mⁿ⁻. Bei dem Metallsalz der Formel M^{m+}[Y]ⁿ⁻ mit m = 1, 2 oder 3 handelt es sich bevorzugt um Alkali- oder Erdalkalimetall-, Blei- oder Silbersalze. Bei den Metallsalzen M₂⁺[Y]²⁻ oder M²⁺[Y]²⁻ handelt es sich vorzugsweise um Sulfate oder Carbonate der Alkalimetalle oder Kupfer, Nickel, Cobalt, Zink, Magnesium und Eisen. Das Anion Y kann die obengenannten Bedeutungen annehmen.

[0035] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann das Metallsalz der allgemeinen Formel M^{m+}[Y]ⁿ⁻, M₂⁺[Y]²⁻ oder M²⁺[Y]²⁻ als wässrige Lösung eingesetzt werden. Diese wässrigen Lösungen enthalten die Metallsalze

in einer Konzentration von 0,1 bis 99 Gew.-%, bevorzugt 20 bis 85 Gew.-%, besonders bevorzugt von 30 bis 75 Gew.-%, bezogen auf die wässrige Lösung.

[0036] Das zum Anionenaustausch verwendete Metallsalz der Formel $M^{m+}[Y]^{-m}$, $M_2^{+}[Y]^{2-}$ oder $M^{2+}[Y]^{2-}$ oder dessen wässrige Lösung wird nach der Alkylierung der Reaktionsmischung zugegeben.

5 [0037] Die Reaktionszeit des Anionenaustauschs beträgt zwischen 1 und 120 Minuten, bevorzugt zwischen 2 und 60 Minuten, besonders bevorzugt zwischen 5 und 15 Minuten. Die Reaktionstemperatur beträgt zwischen -10 und 100°C, vorzugsweise zwischen 0 und 80°C.

10 [0038] Die Alkylierung der Amine, Phosphane, der Imidazole, Pyridine mit den genannten Diorganosulfaten erfolgt in der Praxis vorteilhafterweise bei Raumtemperatur nach kurzer Reaktionszeit (in der Regel < 15min) vollständig. Im Gegensatz zu Alkylbromiden und Alkyljodiden sind die technisch verfügbaren Dialkylsulfate aber deutlich preiswerter. Die meisten der gebildeten Alkylierungsprodukte sind bei Raumtemperatur flüssig und können daher leicht umgefüllt oder gepumpt werden. Da die Reaktion in der Regel quantitativ verläuft, muss kein überschüssiges Diorganosulfat zugesetzt werden. Ein eventuell vorhandener Überschuss an Diorganosulfat wird im zweiten wässrigen Reaktionsschritt problemlos (durch Hydrolyse) abgetrennt, so dass es in keinem Fall zu einer Produktverunreinigung durch das

15 Alkylierungsmittel kommt.
[0039] Über die Vorteile bei der Alkylierungsreaktion hinaus bietet die Verwendung von Dialkylsulfaten als Alkylierungsmittel im Rahmen der Synthese von Chlorid-, Bromid- und Iodid-freien ionischen Flüssigkeiten gemäß dieser Erfindung weitere erhebliche Vorteile beim anschließenden Ionenaustausch zur Produktbildung.

20 [0040] Beim Ionenaustausch gemäß dieser Erfindung nutzt man die außerordentlich geringe Löslichkeit von Wasser in ionischen Flüssigkeiten mit Hexafluorophosphat-, Tetrafluorborat-, Bis(trifluormethylsulfonyl)amid-, Perfluoralkylsulfonat- und Perfluoralkylcarboxylat-Ionen, die außerordentlich gute Wasserlöslichkeit der bei der Alkylierung gebildeten Alkylsulfationen sowie die außerordentlich schlechte Löslichkeit dieser Alkylsulfationen in der gebildeten ionischen Flüssigkeit. Dadurch wird im Verfahren gemäß dieser Erfindung ein außerordentlich schneller und sauberer Ionenaustausch möglich.

25 [0041] Das Alkylsulfatsalz aus der Alkylierungsreaktion wird in Wasser aufgelöst und mit dem obengenannten Metallsalz oder dessen wässriger Lösung versetzt. In der Regel bildet sich sofort eine zweite flüssige Phase der gebildeten ionischen Flüssigkeit. Nach Phasentrennung und Trocknung erhält man die Chlorid-, Bromid- und Iodid-freien ionische Flüssigkeit ohne weitere Reinigungsschritte. Gegebenfalls kann die Wasserphase mit CH_2Cl_2 , Chloroform, Chlorbenzol oder Diethylether extrahiert werden, um die Ausbeute an ionischer Flüssigkeit zu verbessern. In allen Reaktionsschritten werden die Reaktanten durch geeignete Maßnahmen gut durchmischt.

30 [0042] Folgende ionische Flüssigkeiten eignen sich im besonderen für eine Darstellung gemäß dem hier beschriebenen Verfahren:

35 1-Ethyl-3-methylimidazolium tetrafluorborat

1-Ethyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphat

1-Ethyl-3-methylimidazolium-bis-trifluormethansulfonimid

40 1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluorborat

1-Butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphat

45 1-Butyl-3-methylimidazolium-bis-trifluormethansulfonimid

1-Hexyl-3-methylimidazolium tetrafluorborat

1-Hexyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphat

50 1-Hexyl-3-methylimidazolium-bis-trifluormethansulfonimid

1-Octyl-3-methylimidazolium tetrafluorborat

55 1-Octyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphat

1-Octyl-3-methylimidazolium-bis-trifluormethansulfonimid

1-Decyl-3-methylimidazolium tetrafluorborat

1-Decyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphat
 1-Decyl-3-methylimidazolium-bis-trifluormethansulfonimid

5 1-Butyl-4-methylpyridinium tetrafluoroborat

1-Butyl-4-methylpyridinium hexafluorophosphat

10 1-Butyl-4-methylpyridinium-bis-trifluormethansulfonimid

1-Butyl-3-methylpyridinium tetrafluoroborat

1-Butyl-3-methylpyridinium hexafluorophosphat

15 1-Butyl-3-methylpyridinium-bis-trifluormethansulfonimid

1-Butyl-2-methylpyridinium tetrafluoroborat

20 1-Butyl-2-methylpyridinium hexafluorophosphat

1-Butyl-2-methylpyridinium-bis-trifluormethansulfonimid

1-Butyl-pyridinium tetrafluoroborat

25 1-Butyl-pyridinium hexafluorophosphat

1-Butyl-pyridinium-bis-trifluormethansulfonimid

30 1-Butyl-3-methylimidazolium nonafluoropentanoat

1-Octyl-3-methylimidazolium nonafluoropentanoat

1-Butyl-3-methylimidazolium trifluormethansulfonat

35 1-Butyl-3-methylimidazolium trifluormethansulfonat

[0043] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können zusätzliche organische Lösungsmittel bei der Alkylierungsreaktion eingesetzt werden. Bevorzugte organische Lösungsmittel sind solche, die einen Siedepunkt unterhalb 200°C besitzen. Besonders bevorzugt sind Chlorbenzol, Methylenchlorid, Acetonitril, Toluol oder Gemische dieser organischen Lösungsmittel. Bevorzugt sind Lösungsmittel mit einem Siedepunkt von weniger als 120°C.

[0044] Das zusätzlich eingesetzte Lösungsmittel kann bei der Produktisolierung destillativ zurückgewonnen und wiederverwendet werden.

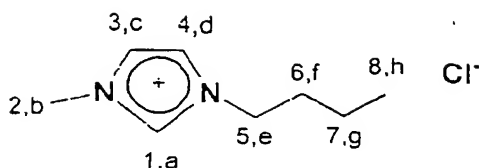
[0045] Die Erfindung wird durch die nachfolgenden Beispiele näher beschrieben.

45 Beispiele

1. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborat nach Stand der Technik (Referenzbeispiel)

50 [0046] Nach einer Vorschrift von Wilkes (J. S. Wilkes, J. A. Levisky, R. A. Wilson, C. L. Hussey, *Inorg. Chem.*, 1982, 21, 1263) wird in einem ersten Schritt das 1-Butyl-3-methylimidazoliumchloride wie folgt hergestellt. In einen 500 ml Schlenk Kolben mit Rückflusskühler werden 46,0 g (0,56 mol) 1-Methylimidazol und 77,8 g (0,84 mol) Butylchlorid zusammengegeben und bei 80°C ca. 3 Tage gerührt. Anschließend wird das überschüssige Butylchlorid abdekantiert und das Produkt bei 80°C am HV getrocknet. Man erhält 80,2 g des weiß, gelblichen Feststoff, 1-Butyl-3-methyl-

55 imidazoliumchloride.

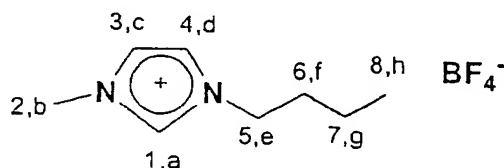


¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃): δ=9.9 ppm (s, 1H, H_a); δ=7.26 ppm (d, 1H, H_c); δ=7.24 ppm (d, 1H, H_d); δ=4.1 ppm (t, 2H, H_e); δ=3.9 ppm (s, 2H, H_b); δ=1.6 ppm (m, 2H, H_f); δ=1.2 ppm (m, 2H, H_g); δ=0.8 ppm (t, 3H, H_h).

¹³C-NMR (75 MHz, CDCl₃): δ=137 ppm (C1); δ=124-122 ppm (C3, C4); δ=50 ppm (C5); δ=36 ppm (C2); δ=33 ppm (C6); δ=20 ppm (C7); δ=14 ppm (C8).

[0047] In einem zweiten Schritt wird nach einer Vorschrift Wilkes (P.A.Z. Suarez, J.E.L. Dullius, S. Einloft, R.F. de Souza, J. Dupont, *Polyhedron*, 1996, 15, 1217-1219) aus dem 1-Butyl-3-methyl-imidazoliumchlorid durch Anionenaustausch das 1-Butyl-3-methyl-imidazolium tetrafluoroborat hergestellt.

[0048] Die im ersten Schritt hergestellten 80,2 g (0,46 mol) 1-Butyl-3-methylimidazoliumchloride werden in ca. 200 ml Aceton gelöst und mit 75,62 g (0,69 mol) Natriumtetrafluoroborat versetzt und für ca. 1 Woche bei 70°C gerührt. Der entstandene Feststoff wird über eine Schutzgasfritte abfiltriert und das Filtrat am Rotationsverdampfer vom Lösungsmittel befreit und über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Butyl-3-methylimidazoliumtetrafluoroborat in 74 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 ml des Produktes mit ca. 5 ml Wasser versetzt und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Ein weißer Niederschlag spricht für eine nicht vollständige Chloridfreiheit des Produktes.



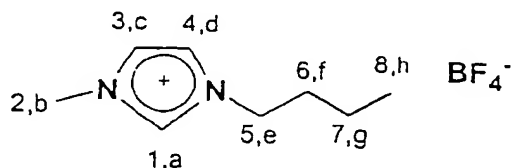
¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃): 0,79 (3 H, tr, J=5,8 Hz, H_a); 1,22 (2 H, m, H_b); 1,74 (2 H, m, H_c); 3,86 (3 H, s, H_h); 4,17 (2 H, tr, J=5,8 Hz, H_d); 7,51; 7,57 (je 1 H, s, H_{f,g}); 8,7 (1 H, s, H_e).

¹³C-NMR (75 MHz, CDCl₃): 14,1 (a); 20,3-36,8 (b, c, d); 50,4 (h); 123,2-125,0 (f,g); 137,8 (e).

¹⁹F-NMR (281 MHz, CDCl₃): 148,5-150,8 (m)

2. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methyl-imidazolium tetrafluoroborat nach dem neuen Verfahren gemäß dieser Erfindung

[0049] In einen 2 l Schlenk Kolben werden 620,5 g (5 mol) 1-Butylimidazol vorgelegt und 630,6 g (5 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Der Kolbeninhalt wird in ein 5l Becherglas überführt und zu einer Mischung von 548,0 g (5 mol) Natriumtetrafluoroborat in 2 Liter Wasser gegeben. Die wäßrige Phase wird nun viermal mit je 1 Liter CH₂Cl₂ extrahiert, die organischen Phasen vereinigt und von Methylenchlorid befreit. Das Produkt wird über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborat in 84 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 ml des Produktes mit ca. 5 ml Wasser versetzt und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Chloridresten.



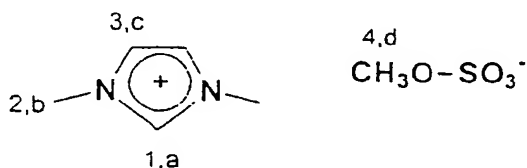
¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃): 0,79 (3 H, tr, J=5,8 Hz, H_a); 1,22 (2 H, m, H_b); 1,74 (2 H, m, H_c); 3,86 (3 H, s, H_h); 4,17 (2 H, tr, J=5,8 Hz, H_d); 7,51; 7,57 (je 1 H, s, H_{f,g}); 8,7 (1 H, s, H_e).

¹³C-NMR (75 MHz, CDCl₃): 14,1 (a); 20,3-36,8 (b, c, d); 50,4 (h); 123,2-125,0 (f,g); 137,8 (e).

¹⁹F-NMR (281 MHz, CDCl₃): 148,5-150,8 (m)

3. Synthese der ionische Flüssigkeit 1,3 Dimethyl-imidazolium methylsulfat

[0050] In einen 1 l Schlenkkolben werden 246,3 g (3mol) 1-Methylimidazol vorgelegt und 378,3 g (3 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Danach wird 15 min nachgerührt.

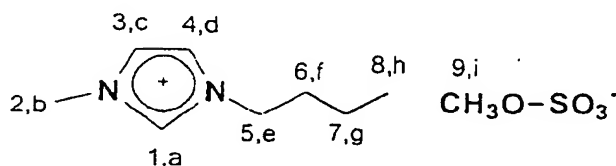


¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃): δ=9.2 ppm (s, 1H, H_a); δ=6.9 ppm (d, 2H, H_c); δ=3.3 ppm (s, 6H, H_b); δ=2.9 ppm (s, 3H, H_d).

¹³C-NMR (75 MHz, CDCl₃): δ=136 ppm (C1); δ=123 ppm (C3); δ=53 ppm (C4); δ=35 ppm (C2).

4. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methylimidazoliummethylsulfat (Verfahren 1)

[0051] In einen 1 l Schlenkkolben werden 372,3g (3mol) 1-Butylimidazol vorgelegt und 378,3 g (3 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Danach wird 15 min nachgerührt.

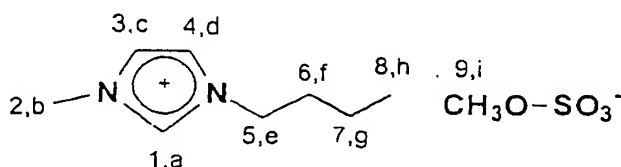


¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃): δ=9.9 ppm (s, 1H, H_a); δ=7.26 ppm (d, 1H, H_c); δ=7.24 ppm (d, 1H, H_d); δ=4.1 ppm (t, 2H, H_e); δ=3.9 ppm (s, 2H, H_b); δ=2.9 ppm (s, 3H, H_i); δ=1.6 ppm (m, 2H, H_f); δ=1.2 ppm (m, 2H, H_g); δ=0.8 ppm (t, 3H, H_h).

¹³C-NMR (75 MHz, CDCl₃): δ=137 ppm (C1); δ=124-122 ppm (C3,C4); δ=53 ppm (C9); δ=50 ppm; (C5); δ=36 ppm (C2); δ=33 ppm (C6); δ=20 ppm (C7); δ=14 ppm (C8).

Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methylimidazolium methylsulfat (Verfahren 2)

[0052] In einen 1 l Schlenkkolben werden 246,3 g (3mol) 1-Methylimidazol vorgelegt und 630,6 g (3 mol) Dibutylsulfat portionsweise zugegeben. Danach wird 15 min nachgerührt.

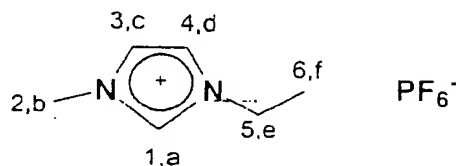


¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃): δ=9.9 ppm (s, 1H, H_a); δ=7.26 ppm (d, 1H, H_c); δ=7.24 ppm (d, 1H, H_d); δ=4.1 ppm (t, 2H, H_e); δ=3.9 ppm (s, 2H, H_b); δ=2.9 ppm (s, 3H, H_i); δ=1.6 ppm (m, 2H, H_f); δ=1.2 ppm (m, 2H, H_g); δ=0.8 ppm (t, 3H, H_h).

¹³C-NMR (75 MHz, CDCl₃): δ=137 ppm (C1); δ=124-122 ppm (C3,C4); δ=53 ppm (C9); δ=50 ppm; (C5); δ=36 ppm (C2); δ=33 ppm (C6); δ=20 ppm (C7); δ=14 ppm (C8).

5. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium hexafluorophosphat

[0053] In einen 2 l Schlenkkolben werden 410,5 g (5 mol) 1-Methylimidazol vorgelegt und 770,95g (5 mol) Diethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Der Kolbeninhalt wird danach in ein 5l Becherglas überführt und zu einer Mischung von 839,7g (5 mol) Natriumhexafluorophosphat in 2 Liter Wasser gegeben. Sofort bildet sich ein weißer Feststoff, der durch Filtration isoliert wird. Die wäßrige Phase wird noch zweimal mit je 1 Liter CH_2Cl_2 extrahiert, die organischen Phasen vereinigt und von Methylenchlorid befreit. Das Produkt wird über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Ethyl-3-methyl-imidazolium hexafluorophosphat in 82 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 g des Produktes in ca. 5 ml Wasser gelöst und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Halogenidionen.



$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3): δ =9.6 ppm (s, 1H, H_a); δ =7.26 ppm (d, 1H, H_c); δ =7.24 ppm (d, 1H, H_d); δ =3.9 ppm (q, 2H, H_e); δ =3.6 ppm (s, 3H, H_b); δ =1.2 ppm (t, 3H, H_f).

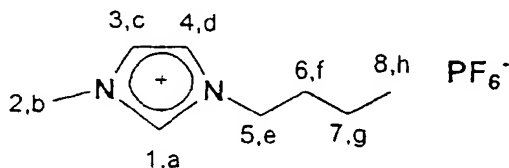
$^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl_3): δ =137 ppm (C1); δ =124-122 ppm (C3, C4); δ =45 ppm (C5); δ =36 ppm (C2); δ =16 ppm (C6).

$^{31}\text{P-NMR}$ (121 MHz): -143.08 (Heptett, J =710 Hz).

$^{19}\text{F-NMR}$ (281 MHz): -72.5 (d, J =710 Hz).

6. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methyl-imidazolium hexafluorophosphat

[0054] In einen 2 l Schlenkkolben werden 620,5 g (5 mol) 1-Butylimidazol vorgelegt und 630,5g (5 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Der Kolbeninhalt wird in ein 5l Becherglas überführt und zu einer Mischung von 839,7g (5 mol) Natriumhexafluorophosphat in 2 Liter Wasser gegeben. Sofort bildet sich das Produkt als eine zweite flüssige Phase. Nach einer Phasentrennung wird die wässrige Phase noch einmal mit 1 Liter CH_2Cl_2 extrahiert, und das organische Extrakt von Methylenchlorid befreit. Beide Produktfraktionen werden vereinigt und über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Butyl-3-methylimidazoliumhexafluorophosphat in 92 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 ml des Produktes mit ca. 5 ml Wasser versetzt und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Chloridresten.



$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3): 0,77 (3 H, tr, J =5,8 Hz, H_a); 1,05-1,17 (2 H, m, H_b); 1,50-1,59 (2 H, m, H_c); 3,51 (3 H, s, H_d); 3,75 (2 H, tr, J =5,8 Hz, H_e); 6,95-7,26 (je 1 H, s, H_f , H_g); 7,97 (1 H, s, H_h).

$^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl_3): 13,3 (a); 19,4-35,7 (b, c, d); 49,5 (h); 122,2-123,5 (f,g); 135,7 (e).

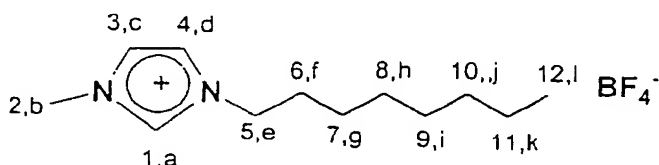
$^{31}\text{P-NMR}$ (121 MHz, CDCl_3): -143,08 (Heptett, J =710Hz)

$^{19}\text{F-NMR}$ (281 MHz, CDCl_3): -72,5 (d, J =710 Hz)

7. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Octyl-3-methyl-imidazolium tetrafluoroborat

[0055] In einen 2 l Schlenkkolben werden 830,5 g (5 mol) 1-Octylimidazol vorgelegt und 630,5g (5 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Der Kolbeninhalt wird danach in ein 5l

Becherglas überführt und zu einer Mischung von 548,0g (5 mol) Natriumtetrafluoroborat in 2 Liter Wasser gegeben. Sofort bildet sich das Produkt als zweite, flüssige Phase. Nach einer Phasentrennung wird die wässrige Phase noch einmal mit 1 Liter CH_2Cl_2 extrahiert, und das organische Extrakt von Methylenchlorid befreit. Beide Produktfraktionen werden vereinigt und über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Octyl-3-methylimidazoliumtetrafluoroborat in 94 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 ml des Produktes mit ca. 5 ml Wasser versetzt und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Chloridresten.



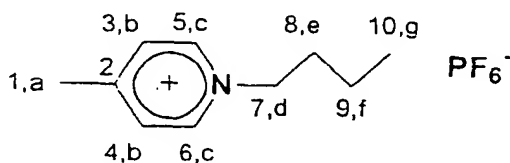
$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3): $\delta=9.3$ ppm (s, 1H, H_a); $\delta=7.26$ ppm (d, 1H, H_c); $\delta=7.24$ ppm (d, 1H, H_d); $\delta=4.1$ ppm (t, 2H, H_e); $\delta=3.9$ ppm (s, 2H, H_b); $\delta=1.6$ ppm (m, 2H, H_i); $\delta=1.2$ ppm (m, 10H, $\text{H}_{g,h,i,j,k}$); $\delta=0.8$ ppm (l, 3H, H_l).

$^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl_3): $\delta=137$ ppm (C1); $\delta=124-122$ ppm (C3, C4); $\delta=48$ ppm (C5); $\delta=35$ ppm (C2); $\delta=29-24$ ppm (C6-C10); $\delta=20$ ppm (C11); $\delta=13$ ppm (C12).

$^{19}\text{F-NMR}$ (281 MHz, CDCl_3): $\delta=-151,3$ ppm (d, $^1J(\text{BF})=22$ Hz)

8. Synthese der ionische Flüssigkeit 4-Methyl-N-butyl-pyridinium hexafluorophosphat

[0056] In einen 2 l Schlenk Kolben werden 465,7 g (5 mol) 4-Picolin vorgelegt und 1051,0 (5 mol) Dibutylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Der Kolbeninhalt wird danach in ein 5 l Becherglas überführt und zu einer Mischung von 839,7g (5 mol) Natriumhexafluorophosphat in 2 Liter Wasser gegeben. Sofort bildet sich ein weißer Feststoff, der durch Filtration isoliert wird. Die wässrige Phase wird noch zweimal mit je 1 Liter CH_2Cl_2 extrahiert, die organischen Phasen vereinigt und von Methylenchlorid befreit. Das Produkt wird über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Ethyl-3-methyl-imidazoliumhexafluorophosphat in 82 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 g des Produktes in ca. 5 ml Wasser gelöst und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Halogenidionen.



$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3): 0,79 (3 H, tr, $J=7,45$ Hz, H_a); 1,24 (2 H, mult, H_b); 1,81 (2 H, mult, H_c); 2,50 (3 H, s, H_k); 4,43 (2 H, tr, $J=7,2$ Hz, H_d); 7,72 (2 H, $\text{H}_{g,h}$); 8,56 (2 H, $\text{H}_{e,i}$).

$^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, CDCl_3): 13,1 (a); 18,9 (b); 21,6 (k); 33,0 (c); 60,8 (d); 128,8 (g,h); 143,3 (i); 159,3 (e,f).

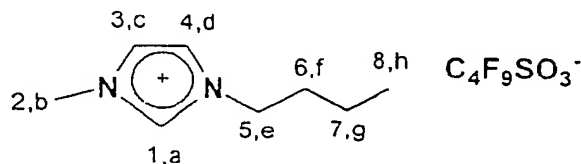
$^{31}\text{P-NMR}$ (121 MHz, CDCl_3): -143,08 (Heptett, $J=710$ Hz)

$^{19}\text{F-NMR}$ (281 MHz, CDCl_3): -72,5 (d, $J=710$ Hz)

9. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methyl-imidazoliumnonafluorobutansulfonat

[0057] In einen 5 l Reaktionsgefäß werden 620,5 g (5 mol) 1-Butylimidazol vorgelegt und 630,5g (5 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Der Reaktorinhalt wird mit einer Mischung von 1690,0g (5 mol) Kaliumnonafluorobutansulfonat in 2 Liter Wasser versetzt. Sofort bildet sich das Produkt als eine zweite flüssige Phase. Nach einer Phasentrennung wird die wässrige Phase noch einmal mit 1 Liter CH_2Cl_2 extrahiert, und das organische Extrakt von Methylenchlorid befreit. Beide Produktfraktionen werden vereinigt und über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Butyl-3-methylimidazolium-nonafluorobutansulfonat in 90 %iger Aus-

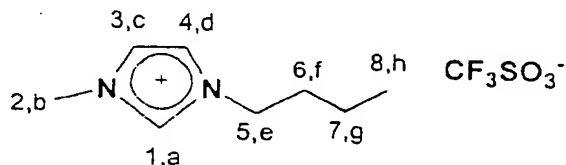
beute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 g des Produktes in ca. 5 ml Wasser gelöst und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Halogenidionen.



¹H-NMR (300 MHz, Aceton-d₃): 0,87 (3 H, tr, J=9,2 Hz, H_h); 1,29-1,38 (2 H, m, H_g); 1,90-2,00 (2 H, m, H_f); 4,04 (3 H, s, H_b); 4,35 (2 H, tr, J=9,3 Hz, H_e); 7,71;7,78 (je 1 H, s, H_{c,d}); 9,11 (1 H, s, H_a) ppm.

10. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methylimidazoliumtrifluormethylsulfonat

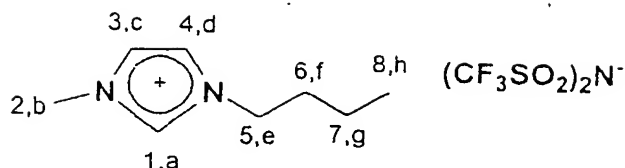
[0058] In einen 2 l Schlenkkolben werden 620,5 g (5 mol) 1-Butylimidazol vorgelegt und 630,5g (5 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Der Kolbeninhalt wird in ein 5l Becherglas überführt und zu einer Mischung von 860,3g (5 mol) Natriumtrifluormethansulfonat in 2 Liter Wasser gegeben. Sofort bildet sich das Produkt als eine zweite flüssige Phase. Nach einer Phasentrennung wird die wässrige Phase noch einmal mit 1 Liter CH₂Cl₂ extrahiert, und das organische Extrakt von Methylenchlorid befreit. Beide Produktfraktionen werden vereinigt und über Nacht bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Butyl-3-methylimidazolium-trifluormethylsulfonat in 84 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 g des Produktes in ca. 5 ml Wasser gelöst und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Halogenidionen.



¹H-NMR (300 MHz, Aceton-d₃): 0,87 (3 H, tr, J=9,2 Hz, H_h); 1,29-1,38 (2 H, m, H_g); 1,90-2,00 (2 H, m, H_f); 4,04 (3 H, s, H_b); 4,35 (2 H, tr, J=9,3 Hz, H_e); 7,71;7,78 (je 1 H, s, H_{c,d}); 9,11 (1 H, s, H_a) ppm.

11. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methylimidazolium-bis-(trifluormethylsulfon)imid

[0059] In einen 5 l Reaktionsgefäß werden 620,5 g (5 mol) 1-Butylimidazol vorgelegt und 630,5g (5 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Dazu gibt man eine Mischung von 1435,3g (5 mol) Lithium-bis-trifluormethansulfonimid in 2 Liter Wasser. Sofort bildet sich das Produkt als eine zweite flüssige Phase. Nach einer Phasentrennung wird das Produkt bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Butyl-3-methylimidazolium-bis(trifluormethylsulfon)imid in 98 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 g des Produktes in ca. 5 ml Wasser gelöst und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Halogenidionen.

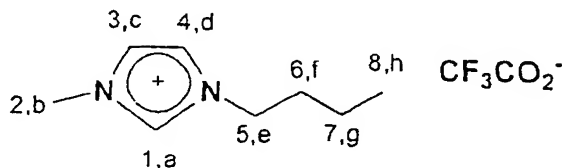


¹H-NMR (300 MHz, Aceton-d₃): 0,95 (3 H, tr, J=9,2 Hz, H_h); 1,33-1,39 (2 H, m, H_g); 1,90-2,00 (2 H, m, H_f); 4,07 (3 H, s, H_b); 4,37 (2 H, tr, J=9,3 Hz, H_e); 7,71;7,76 (je 1 H, s, H_{c,d}); 9,02 (1 H, s, H_a) ppm.

12. Synthese der ionische Flüssigkeit 1-Butyl-3-methylimidazoliumtrifluoracetat

[0060] In einen 5 l Reaktionsgefäß werden 620,5 g (5 mol) 1-Butylimidazol vorgelegt und 630,5g (5 mol) Dimethylsulfat portionsweise zugegeben. Der Ansatz wird danach 15 Minuten nachgerührt. Dazu gibt man eine Mischung von 680,0g (5 mol) Natriumtrifluoracetat in 2 Liter Wasser.

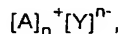
[0061] Sofort bildet sich das Produkt als eine zweite flüssige Phase. Nach der Phasentrennung wird die wässrige Phase 3 mal mit je einem Liter CH₂Cl₂ extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen werden am Rotationsverdampfer von CH₂Cl₂ befreit und der Rückstand wird mit der abgetrennten ionischen Flüssigkeit aus der Phasentrennung vereint. Das Produkt wird bei 60°C am HV getrocknet. Man erhält 1-Butyl-3-methylimidazolium-trifluoracetat in 75 %iger Ausbeute. Zum qualitativen Nachweis auf Chloridreste, werden ca. 1 g des Produktes in ca. 5 ml Wasser gelöst und mit 2 Tropfen konzentrierter Salpetersäure angesäuert. Zu dieser Lösung werden dann ca. 3-4 Tropfen Silbernitrat gegeben um etwaig vorhandenes Chlorid als Silberchlorid auszufällen. Das Ausbleiben eines Silberchlorid-Niederschlags spricht für die komplette Abwesenheit von Halogenidionen.



¹H-NMR (300 MHz, Aceton-d₃): 0,94 (3 H, tr, J=9,3 Hz, H_h); 1,37 (2 H, m, H_g); 1,92 (2 H, m, H_f); 4,07 (3 H, s, H_b); 4,37 (2 H, tr, J=9,3 Hz, H_e); 7,78;7,84 (je 1 H, s, H_{c,d}); 9,88 (1 H, s, H_a) ppm.

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung ionischer Flüssigkeiten der allgemeinen Formel

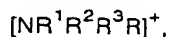


wobei n = 1 oder 2 ist und

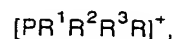
das Anion [Y]ⁿ⁻ ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Tetrafluoroborat ([BF₄]⁻), Tetrachloroborat ([BCl₄]⁻), Hexafluorophosphat ([PF₆]⁻), Hexafluoroantimonat ([SbF₆]⁻), Hexafluoroarsenat ([AsF₆]⁻), Tetrachloroaluminat ([AlCl₄]⁻), Trichlorozinkat ([ZnCl₃]⁻), Dichlorocuprat, Sulfat ([SO₄]²⁻), Carbonat ([CO₃]²⁻), Fluorosulfonat, [R'-COO]⁻, [R'-SO₃]⁻ oder [(R'-SO₂)₂N]⁻, und R' ein linearer oder verzweigter, 1 bis 12 Kohlenstoffatome enthaltender aliphatischer oder alicyclischer Alkyl- oder ein C₅-C₁₈-Aryl-, C₅-C₁₈-Aryl-C₁-C₆-alkyl- oder C₁-C₆-Alkyl-C₅-C₁₈-aryl-Rest ist, der durch Halogenatome substituiert sein kann,

das Kation [A]⁺ ist ausgewählt aus

- quaternären Ammonium-Kationen der allgemeinen Formel



- Phosphonium-Kationen der allgemeinen Formel

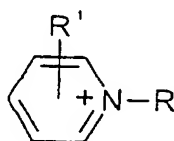


- Imidazolium-Kationen der allgemeinen Formel



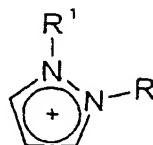
wobei der Imidazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- Pyridinium-Kationen der allgemeinen Formel



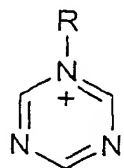
wobei der Pyridin-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- Pyrazolium-Kationen der allgemeinen Formel



wobei der Pyrazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

- und Triazolium-Kationen der allgemeinen Formel



wobei der Triazol-Kern substituiert sein kann mit wenigstens einer Gruppe, die ausgewählt ist aus C₁-C₆-Alkyl-, C₁-C₆-Alkoxy-, C₁-C₆-Aminoalkyl-, C₅-C₁₂-Aryl- oder C₅-C₁₂-Aryl-C₁-C₆-Alkylgruppen,

und die Reste R^1 , R^2 , R^3 unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus

- Wasserstoff;
- linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen oder alicyclischen Alkylgruppen mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen;
- Heteroaryl-, Heteroaryl- C_1 - C_6 -Alkylgruppen mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen im Heteroaryl-Rest und wenigstens einem Heteroatom ausgewählt aus N, O und S, der mit wenigstens einer Gruppe ausgewählt aus C_1 - C_6 -Alkylgruppen und/oder Halogenatomen substituiert sein können;
- Aryl-, Aryl- C_1 - C_6 -Alkylgruppen mit 5 bis 12 Kohlenstoffatomen im Arylrest, die gegebenenfalls mit wenigstens einer C_1 - C_6 -Alkylgruppen und/oder einem Halogenatomen substituiert sein können;

dadurch gekennzeichnet, dass die zugrundeliegenden Amine, Phosphine, Imidazole, Pyridine, Triazole und Pyrazole mit einem Disulfat der allgemeinen Formel R^4 - SO_4 - R^5 alkyliert werden, wobei die Reste R^4 und R^5 unabhängig voneinander ausgewählt sein können aus

- linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen oder alicyclischen Alkylgruppen mit 1 bis 24 Kohlenstoffatomen;
- Heteroaryl- C_1 - C_6 -Alkylgruppen mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen im Arylrest und wenigstens einem Heteroatom ausgewählt aus N, O und S, die mit wenigstens einer C_1 - C_6 -Alkylgruppen und/oder Halogenatomen substituiert sein können;
- Aryl- C_1 - C_6 -Alkylgruppen mit 5 bis 24 Kohlenstoffatomen im Arylrest, die gegebenenfalls mit wenigstens einer C_1 - C_6 -Alkylgruppe und/oder einem Halogenatomen substituiert sein können, alkyliert werden und anschließend ein Austausch des Sulfatanions R^4 - SO_4^- oder R^5 - SO_4^- durch das oben definierte Anion $[Y]^-$ oder $[Y]^{2-}$ erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anionenaustausch mit Metallsalzen der Formel $M^{m+}[Y]^-_m$, $M_2^{2+}[Y]^{2-}$ oder $M^{2+}[Y]^{2-}$ erfolgt, wobei die Anionen $[Y]^-$ und $[Y]^{2-}$ ausgewählt sind aus der in Anspruch 1 definierten Gruppe und $m = 1, 2$ oder 3 ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall-Ion M ausgewählt ist aus der Gruppe der Alkali- oder Erdalkalimetalle, Blei oder Silber.

4. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zugabe des zum Anionenaustausch verwendeten Metallsalzes der Formel $M^{m+}[Y]^-_m$, $M_2^{2+}[Y]^{2-}$ oder $M^{2+}[Y]^{2-}$ zur Reaktionsmischung nach der Alkylierung mit dem Disulfat der allgemeinen Formel R^4 - SO_4 - R^5 erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein der Anionenaustausch mit dem Metallsalz der Formel $M^{m+}[Y]^-_m$, $M_2^{2+}[Y]^{2-}$ oder $M^{2+}[Y]^{2-}$ in wässriger Lösung erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das molare Verhältnis des Disulfats der allgemeinen Formel R^4 - SO_4 - R^5 zu den zugrundeliegenden Aminen, Phosphinen, Imidazolen-, Triazolen, Pyrazolen-, oder Pyridinen zwischen 1 und 5 liegt.

7. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reaktion in Substanz oder unter Zusatz eines organischen Lösungsmittels durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Lösungsmittel Chlorbenzol, Methylenchlorid, Acetonitril, Toluol, Tetrahydrofuran, Diethylether, oder Gemische dieser organischen Lösungsmittel eingesetzt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1 und 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** das molare Verhältnis des zugesetzten organischen Lösungsmittels zu den zugrundeliegenden Aminen, Phosphinen, Imidazolen, Triazolen, Pyrazolen oder Pyridinen zwischen 0,5 und 20 beträgt.

EP 1 182 196 A1

10. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reaktion dem Disulfat der allgemeinen Formel $R^4-SO_4-R^5$ bei einer Temperatur zwischen -10 und $250^\circ C$ durchgeführt wird.
- 5 11. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reaktionszeit 1 min bis 8h beträgt.
12. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anionenaustausch bei einer Temperatur zwischen -10 und $100^\circ C$ durchgeführt wird.
- 10 13. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zum Anionenaustausch eingesetzte wässrige Lösung das Metallsalz in einer Konzentration von 0,1 bis 99 Gew.-% enthält.
14. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das durch die Alkylierung erhaltene Sulfatsalz $[A]^+[R^4-SO_4]^-$ oder $[A]^+[R^5-SO_4]^-$ vor dem Anionenaustausch isoliert wird oder ohne vorherige Isolierung mit der Lösung des Metallsalzes der allgemeinen Formel $M^{m+}[Y]^{n-}$, $M_2^{m+}[Y]^{2n-}$ oder $M^{2m+}[Y]^{2n-}$ versetzt wird.
- 15 15. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** $R^4 = R^5$ ist.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 11 8441

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	GB 2 337 754 A (INSTITUT FRANCAIS DU PÉTROLE) 1. Dezember 1999 (1999-12-01) * das ganze Dokument *	1	C07D233/54 C07D213/20
A	WO 97 02252 A (COVALENT ASSOCIATES, INC.) 23. Januar 1997 (1997-01-23) * Seite 8 - Seite 9 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			C07D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 25. Januar 2001	Prüfer Van Bijlen, H
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: wissenschaftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur		T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EP 0 FORM 1503 03 92 (P/RA/C/S)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 00 11 8441

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-01-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
GB 2337754	A	01-12-1999	FR	2779143 A	03-12-1999
			NL	1012169 C	30-11-1999
WO 9702252	A	23-01-1997	EP	0839139 A	06-05-1998
			US	5827602 A	27-10-1998

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82